

Rahul Raj ja Miikka Korja

Tekoäly auttaa vaikeiden ja tehohoitoa vaativien aivovammojen ennustearviossa

A kuutit aivovauriot, kuten vakavat traumaattiset aivovammat, ovat henkeä uhkaavia sairauksia, joiden oikea-aikainen diagnoosi ja hoito ovat ensiarvoisen tärkeitä. Niin hoidon aloittamisen kuin pitkittyneen hoidon jatkamisenkin tulisi perustua luotettavaan ja yksilöityyn selviämisenennusteeseen. Viimeaikaiset tutkimukset viittaavat siihen, että yhdestä tekoälyn alaluokasta, koneoppimisesta, saattaa olla tulevaisuudessa hyötyä erityisesti tehohoitoa vaativien traumaattisten aivovammojen selviämisenennusteen laatisessa.

Tehohoitoa vaativien aivovammojen selviämisenennusteen laatiminen on pitkään ollut haaste sekä klinikoille että tutkijoille. Niin sanotut ensimmäisen sukupolven ennustemallit perustuvat pitkälti aivovammapotilaan tulovaiheen tietoihin (1,2). Kun aivovammapotilas saapuu sairaalan päivystykseen, saapumisvaiheen kliininen status muodostaa näiden ennustemallien rungon. Nämä ensimmäisen sukupolven ennustemallit ovat suhteellisen tarkkoja, kun arvioidaan aivovamman alkuvaiheen vaikeus ja alkuvaiheen todennäköisyys eloonjäämiselle. Ensimmäisen sukupolven ennustemallit soveltuvatkin usein alkuvaiheen hoitopäätösten tueksi, erityisesti kun pohditaan vaikean aivovamman saaneen potilaan tehohoidon hyödyllisyyttä ja mielekkyyttä.

Alkuvaiheen selviämisenennuste ja sen laatisessa käytetyt muuttujat eivät kuitenkaan päde enää siinä vaiheessa, kun aktiivinen hoito on päätetty aloittaa ja se jatkuu useampia vuorokausia (3). Alkuvaiheessa tehty selviämisenennuste on staattinen, eli alkuvaiheen arvio ei enusta enää yhden tai useamman vuorokauden jälkeen potilaan selviämistä yhtä luotettavasti. Aivovammapotilaiden kallonsisäiset patofy-

siologiset prosessit ovat kuitenkin dynaamisia, ja aivojen primaarivamman jälkeen hoidon tarkoituksena on estää muun muassa kallonsisäisen paineen nousuun liittyvät henkeä ja toipumista uhkaavat aivojen sekundaarivammat (4). Teho-osastolla hoidettaville ja tajuttomille aivovammapotilaille ei tällä hetkellä ole olemassa objektiivista mittaria, jolla pystytään arvioimaan potilaan selviämisenennustetta luotettavasti, eivätkä perinteiset ensimmäisen sukupolven ennustemallit siis sovellu alati muuttuviin dynaamisiin ennustearvioihin. Tämän vuoksi klinikkujen päivittäiset ennustearvot ja hoidon jatkaminen perustuvat varsin rajattuun määrään subjektiivista tietoa ja kokemusta (5).

Aivovammapotilaiden tehohoidon aikana mitataan lukematon määrä erilaisia elintoimintoja. Käytännössä kaikissa suuren ja keskisuuren bruttokansantuotteen maissa tehohoidetavalta aivovammapotilalta mitataan kallonsisäistä painetta (ICP), keskivaltimopainetta (MAP) ja aivojen perfuusiopainetta (CPP). Yksittäisen mittaustiedon taajuus on kymmeniä hertsejä, eli kymmeniä lukuarvoja sekunnissa. Tämän vuoksi pelkästään näitä kolmea muuttujaa mittaamalla yhdestä potilaasta voi kertyä jopa yli kymmenen miljoonaa lukuarvoa vuorokaudessa. Näihin päiviin asti tätä valtavaa datamäärää ei ole pystytty hyödyntämään hoidossa tai ennustearvioissa. Koneoppimisalgoritmit kykenevät käsittelemään valtavia tietomääriä nopeasti, ja tämän lisäksi ne pystyvät tekemään dataan perustuvia ja alati muuttuvia dynaamisia sekä reaaliaikaisia selviämisenennusteita, jotka perustuvat yksittäisen potilaan muuttuviin ja elintoimintoja mittaaviin arvoihin.

Suomessa on kehitetty maailman ensimmäinen koneoppimiseen perustuva tekoälyalgorit-

mi, joka on tarkoitettu aivovammapotilaiden eloonjäämiseen (30 vrk:n eloonjäämisennuste) dynaamiseen ennustamiseen (6). Algoritmi hyödyntää edellä mainittuja kolmea (ICP, MAP ja CPP), jatkuvasti muuttuvaa ja objektiivista muuttujaa ja niistä johdettuja lukuisia (yli 50) alamuuttujia. Nämä yleisesti mitattavat muuttujat ja ikä desiileissä valittiin siksi, että kehitetty algoritmi soveltuisi käytettäväksi suurimmassa osassa maailman nykyaikaisista teho-osastoista. Esimerkiksi komorbiditeettia ja monia muita ennusteparametreja ei algoritmilla huomioida, koska vähemmän objektiivisten parametrien mittaaminen ja määrittäminen vaihtelee ympäri maailman. Näin kehitetyllä algoritmilla voisi olla hoidollisten hyötyjen lisäksi myös kaupallista potentiaalia. Algoritmi on kehitetty ison suomalaisen tehohoitoaineiston pohjalta ja validoitu kansainvälisissä aineistoissa, jotka on kerätty Ruotsista ja Yhdysvalloista (7). Algoritmin suorituskyky parani validointiaineistossa suunnitellusti eli hoidon keston pitkeytyessä, jolloin hoitopäätösten tekeminen myös usein vaikeutuu. Kun yksittäisistä potilaista kerättävien datapisteiden (niin sanottu massadata) määrä kasvoi, ennustetta kuvaavat AUC-arvot (area under the curve) paranivat 0,7:stä 0,8:aan, ja väärin positiivisten (ennustaa kuolemaa, mutta potilas selviää) osuus laski peräti alle 2,5 %:iin. Algoritmi toimii siis parhaiten vaikean aivovamman saaneiden potilaiden tehohoitojakson pitkeytyessä. Dynaamisesti tunneissa muuttuva ennustevalgoritmi antaa lääkäreille ja hoitajille jatkuvasti päivitettyä objektiivista tietoa, kuinka teho-osastohoito tai toimenpiteet muuttavat potilaan eloonjäämisennustetta.

Tekoälyn rooli kasvaa terveydenhuollossa väistämättä. Koneoppimismallit soveltuvat hyvin koulutettuina erityisesti erikoisaloille, joissa kertyy valtava määrä objektiivista dataa (massadata). Näitä erikoisaloja ovat esimerkiksi tehohoito, kuvantaminen, patologia ja genetiikka. Tekoälyn avulla meillä on ensimmäistä kertaa mahdollisuus hyödyntää kaikkea kerättävää tietoa potilaan parhaaksi. On kuitenkin tärkeää tunnustaa perustavanlaatuisen tosiasia: tekoäly on aputyökalu, joka on (toistaiseksi) suunniteltu tehostamaan ja parantamaan, ei korvaamaan,

hoitohenkilökunnan roolia. Algoritmit, olivatpa ne kuinka kehittyneitä tahansa, suoriutuvat vain siten kuin ne on koulutettu suoriutumaan. Aivan samoin kuin ihmisten kouluttamisessa, myös algoritmien kouluttaminen voi perustua vääristyneisiin ja jopa virheellisiin tietoihin. Tämän vuoksi tekoälyalgoritmien suoritustason jatkuva validointi ja monitorointi vertautuvat jossain määrin esimerkiksi neurokirurgin suoritustason jatkuvaan validointiin ja monitorointiin. Onneksi vielä tänä päivänä tekoälyn integrointi kliiniseen työnkulkuun tarjoaa lähinnä arvokasta lisäinformaatiota, mutta lopullinen vastuu diagnosoinnista ja hoidon suunnittelusta on yhä klinikolla. Päättykö kehittämämme aivovamma-algoritmi koskaan kliiniseen käyttöön, eli selviääkö se erittäin haastavasta regulaatioviidakosta, jää nähtäväksi. ■



RAHUL RAJ, LT, dosentti, neurokirurgian erikoislääkäri
HUS Neurokirurgia



MIikka KORJA, LT, dosentti
HUS Neurokirurgia

SIDONNAISUUDET

Rahul Raj: Luottamustoimet terveydenhuollon alalla: (Liikennevahinkolautakunnan varajäsen)

Miikka Korja: Ei sidonnaisuuksia

KIRJALLISUUTTA

1. Steyerberg EW, Mushkudiani N, Perel P, ym. Predicting outcome after traumatic brain injury: development and international validation of prognostic scores based on admission characteristics. *PLoS Medicine*, julkaistu verkossa 5.8.2008. DOI:10.1371/journal.pmed.0050165.
2. Trial CMRCC, Perel P, Arango M, ym. Predicting outcome after traumatic brain injury: practical prognostic models based on large cohort of international patients. *BMJ* 2008;336:425–9.
3. Carter EL, Hutchinson PJA, Kolias AG, ym. Predicting the outcome for individual patients with traumatic brain injury: a case-based review. *Br J Neurosurg* 2016;30:227–32.
4. Stocchetti N, Carbonara M, Citerio G, ym. Severe traumatic brain injury: targeted management in the intensive care unit. *Lancet Neurol* 2017;16:452–64.
5. Beldhuis IE, Marapin RS, Jiang YY, ym. Cognitive biases, environmental, patient and personal factors associated with critical care decision making: a scoping review. *J Crit Care* 2021;64:144–53.
6. Raj R, Luostarinen T, Pursiainen E, ym. Machine learning-based dynamic mortality prediction after traumatic brain injury. *Scientific Reports* 2019;9:17672.
7. Raj R, Wennervirta JM, Tjerkaski J, ym. Dynamic prediction of mortality after traumatic brain injury using a machine learning algorithm. *NPJ Digit Med* 2022;5:96.